

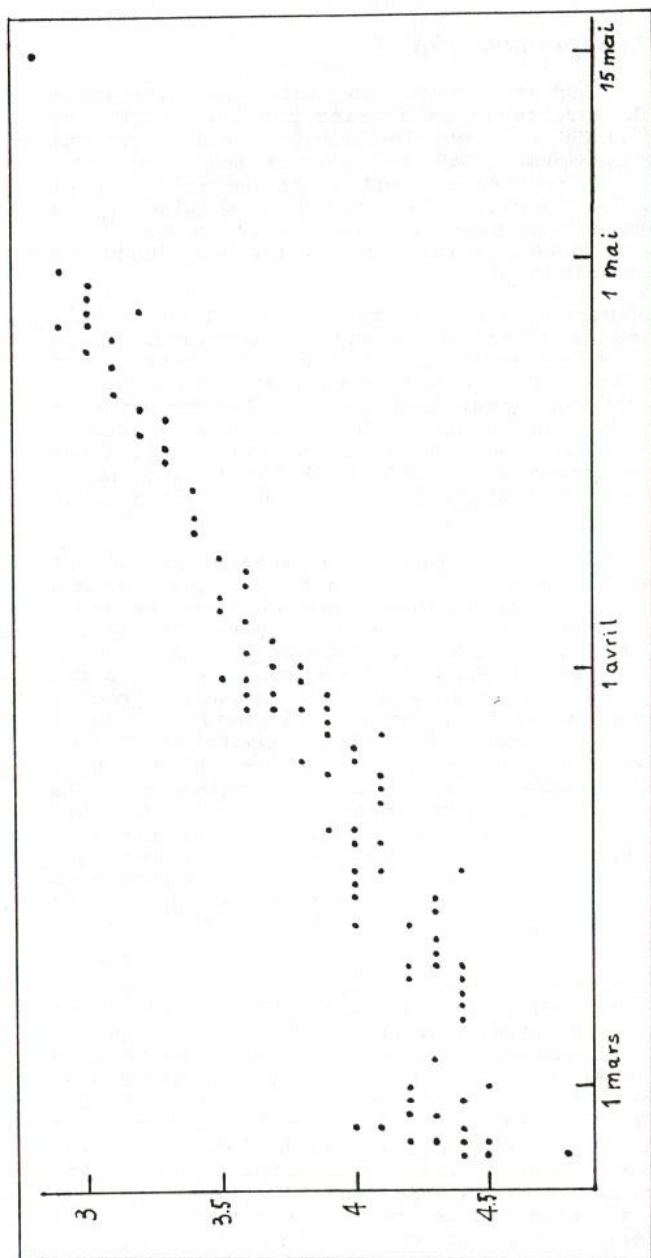
## *L'évolution de la supernova 1987A*

La supernova 1987A reste en tête du hit-parade astronomique. Découverte le 24 février par Ian SHELTON au Chili et Albert JONES en Nouvelle-Zélande, elle retient l'attention des astronomes par son comportement curieux. En effet, sa magnitude est restée relativement stable ( $m_v=4-4,5$ ) durant la première semaine de sa découverte, alors qu'une supernova habituelle, située à la distance du Grand Nuage, aurait dû progresser jusqu'aux alentours de la magnitude 0.

La figure 1 nous montre les estimations visuelles faites par des amateurs de l'hémisphère sud. L'évolution de la magnitude lors des premiers mois de la découverte y est évidente. En même temps qu'elle augmentait d'éclat, la supernova devenait rapidement très rouge. Ce comportement reflète à la fois l'inflation de la surface émettrice et son refroidissement. Les spectres indiquaient au début une vitesse d'expansion de 17.000 à 18.000 km/sec qui a diminué constamment pour atteindre fin avril 5.000 à 6.000 km/sec.

Il y a deux grandes catégories de supernovae qui ont été reconnues par MINKOWSKI, il y a 40 ans. Le type I semble être dû à des étoiles relativement peu massives devenues naines blanches après avoir consommé leurs réserves d'hydrogène et d'hélium pour en faire de l'oxygène et du carbone. Une étoile solitaire de ce type se refroidit tranquillement, mais si elle possède un compagnon proche, elle peut, petit à petit, accréter de la matière jusqu'à atteindre une masse critique (la limite de CHANDRASEKHAR) de 1,4 masse solaire. A ce moment, l'étoile n'est plus stable. Elle s'effondre en une fournaise nucléaire où la matière est transmutée principalement en nickel radioactif et elle explose. Le nickel se désintègre pour produire finalement du fer et c'est cette dernière étape qui constitue effectivement la partie visible de l'explosion d'une supernova de type I. Le spectre de ces objets est complexe, et doit contenir surtout du fer, du nickel et du cobalt.

Les supernovae de la catégorie II montrent, quant à elles, un spectre riche en hydrogène. On pense qu'elles résultent de l'effondrement incontrôlé d'une étoile géante qui a consommé tout son hydrogène puis a brûlé les éléments plus lourds dans un noyau qui finit par ne plus pouvoir supporter la pression gravitationnelle à laquelle il est soumis. L'étoile est détruite, et ce sont les débris de l'enveloppe, riche en hydrogène, qui sont d'abord visibles et qui cachent les éléments plus lourds présents au centre. Certaines supernovae comme SN1983n dans NGC5236 et SN1984l dans NGC991 ne montrent pas le spectre de l'hydrogène mais d'autres caractéristiques les font exclure du groupe I. Elles seraient dues à un mécanisme analogue à celui du



*Figure 1. Evolution de la magnitude visuelle de la supernova du Grand Nuage depuis la fin février 1987 jusqu'au début de mai. Les valeurs sont des estimations visuelles par différents observateurs et publiées dans les circulaires du Central Bureau for Astronomical Telegrams (voir Les Potins d'Uranie, Le Ciel, Vol. 49, pp.6-8, 1987.)*

groupe II, mais où l'étoile massive aurait perdu son enveloppe d'hydrogène. D'autres objets encore, tels SN1985f dans NGC4618, échappent à toute classification.

Le type I est assez uniforme, ce qui est compréhensible si les progéniteurs sont des astres de même nature et de même masse. Par contre, les SN de type II présentent une grande diversité de spectres et de courbes de lumière. SN1987A montre un spectre riche en hydrogène. Il est donc naturel de la classer dans cette vaste catégorie de supernovae.

Cependant, plusieurs caractéristiques en font un astre peu représentatif de la classe II :

La magnitude apparente malgré sa progression indique une luminosité réelle anormalement faible, de l'ordre de 14,5 initialement.

Cette luminosité a progressé (et progresse encore à l'heure où nous écrivons ces lignes) très lentement pour atteindre -15,5 au début de mai - ce qui est encore faible. Jusqu'à présent, on n'a pas d'analogue d'une telle évolution parmi les supernovae de type II. On avait bien cru à l'existence d'un plateau précédent le maximum pour les supernovae 1940B et 1941A. Mais cette déduction était basée sur une erreur dans un bulletin de la SAF.

L'émission radio n'a été détectée que pendant quelques jours. Les SNII produisent une émission importante pendant plusieurs mois au lieu de ce bref éclat. Aucune émission n'a été décelée dans le domaine des rayons X, que ce soit par le satellite japonais GINGA, ou par la station soviétique ASTRON. Les émissions X et radio sont dues à l'interaction de l'onde de choc et du milieu circumstellaire. Leur absence indiquerait que l'environnement de SN1987A est dépourvu de gaz et de poussières.

Le progéniteur d'une supernova de type II est, théoriquement, une supergéante rouge qui aurait dû être visible facilement sur les images du Grand Nuage. Après bien des débats, on semble être en mesure de désigner la supergéante bleue Sk-69°202 comme étant la victime de l'explosion. Celle-ci est exactement à l'endroit de la supernova et, dans l'ultraviolet, où la supernova est devenue maintenant très faible, il semble bien que le spectre de Sk-69°202 (mesuré par le satellite IUE) ait disparu. Il faut cependant rester prudent car une autre supergéante bleue (de type spectral B0) très proche contamine fortement les observations.

L'intervalle de temps observé entre la détection de neutrinos émis par la supernova et l'observation optique était plus court que ce que la théorie prévoit pour une SNII standard. (Les neutrinos sont des particules



*Figure 2.* Sur cette pose courte le Grand Nuage apparaît comme lorsqu'on l'observe aux jumelles. L'objet le plus brillant est la nébuleuse Tarantule, avec, un peu plus bas et à gauche, la supernova. La photographie avantage la nébuleuse qui, à l'oeil, ne domine pas autant les étoiles, et en particulier la SN rouge. (Cliché obtenu par l'auteur avec un objectif 500mm Tessar f/8 et film TXP 120 développé à 1450 ISO, au début avril).

produites en quantités gigantesques à l'intérieur des étoiles mais leur observation est extrêmement difficile).

La variation de couleur après l'explosion a été beaucoup plus rapide (5 à 10 fois) que pour une supernova de type II standard.

Plusieurs de ces arguments plaident en faveur d'une étoile plus petite que celles qui produisent les SNII normales. De nouveaux modèles théoriques ont été immédiatement calculés par des groupes de Chicago, de Princeton et de Pennsylvanie pour arriver à rendre compte des effets observés.

Le problème est complexe, il fait intervenir de nombreux paramètres. Mais il a été possible de représenter de façon satisfaisante des quantités telles que le nombre de neutrinos observés. Cela est très important car ce sont les neutrinos qui évacuent pratiquement toute l'énergie du phénomène de supernova. En quelques secondes, ils emportent une énergie comparable à celle émise par une galaxie comme la nôtre en plusieurs années.

La détection de neutrinos est d'autre part une preuve que ces particules restent stables pendant des centaines de milliers d'années. Certains avaient avancé l'hypothèse d'une transformation rapide des neutrinos pour expliquer le faible flux de neutrinos solaires observé. (L'observation de 1987A aura donc aussi un impact sur la physique solaire et celle des particules élémentaires.)

Signalons d'autre part, que les SNI produisent beaucoup moins de neutrinos. Leur observation confirme ainsi la classification de 1987A comme SNII.

La présence d'un astre aussi brillant dans le Grand Nuage de Magellan a offert aux astronomes la possibilité d'étudier en détail le spectre d'absorption de la matière obscure située entre la Galaxie et son satellite. Des spectres à très grande dispersion ont pu être obtenus qui indiquent la présence de matière à diverses vitesses radiales, c'est-à-dire à différentes distances. Parmi les 24 composantes détectées, certaines correspondent à des nuages connus situés dans la région de 30 Doradus. D'autres, de vitesse intermédiaire, sont des nuages intergalactiques. Ceux-ci ont une abondance en calcium élevée qui suggère que cet élément y est présent à l'état libre, et non pas fixé dans les grains de poussières.

L'évolution de la supernova dans les mois qui viennent ne manquera pas d'apporter d'autres découvertes importantes. Après l'année Halley, les astronomes ont décidément beaucoup de chance.



*Figure 3. Le Grand Nuage de Magellan encadré par Canopus (coin supérieur droit) et le Petit Nuage (coin inférieur gauche). Photo obtenue au début avril sur film Agfa 120 RS1000 avec un objectif 80mm f/2,8. Afin de distinguer la supernova, qui autrement aurait été perdue dans le Nuage, le tirage papier a été considérablement surexposé.*